


LIGHT-EMITTING DEVICE

Patent Number: JP11298047
Publication date: 1999-10-29
Inventor(s): SAKANO AKIMASA
Applicant(s): NICHIA CHEM IND LTD
Requested Patent:  JP11298047
Application Number: JP19980101243 19980413
Priority Number(s):
IPC Classification: H01L33/00
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a reliable light-emitting device, wherein wire disconnections are few, even under thermal shock for to a light-emitting device wherein the emitted wavelength released from a light-emitting element is converted with a phosphor for taking outside at least the light from the phosphor.

SOLUTION: A light-emitting element 105 provided at the bottom surface of a recessed part of a substrate, a wire 104 wire-bonding the electrode of the light-emitting element 105 and a lead electrode provided outside the recessed part, a color conversion member 102, which filled in the recessed part, converts the emitted wavelength from the light-emitting element 105, and a mold member 103 which coats the color conversion member and the wire 104 exposed from the color conversion member, are provided. Especially, the interface between the color conversion member 102 and the mold member 103 contacts a ball part 101 provided by ball-bonding with the electrode of the light-emitting element 105.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-298047

(43) 公開日 平成11年(1999)10月29日

(51) Int.Cl.⁶
H 0 1 L 33/00

識別記号

F I
H 0 1 L 33/00

N

審査請求 有 請求項の数3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-101243

(22) 出願日 平成10年(1998) 4 月13日

(71) 出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72) 発明者 阪野 顯正

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化

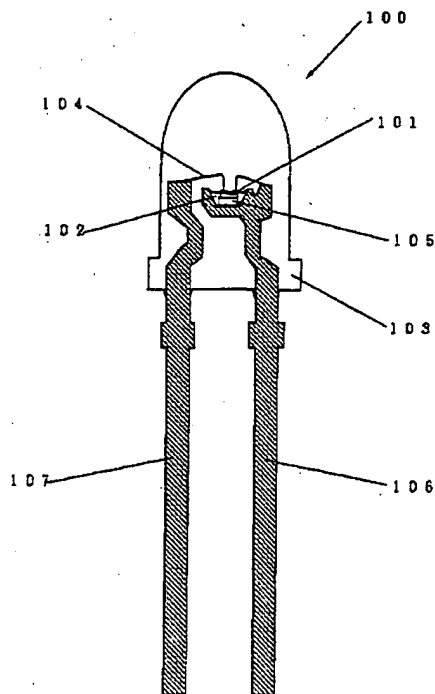
学工業株式会社内

(54) 【発明の名称】 発光装置

(57) 【要約】

【課題】 本発明は発光素子から放出された発光波長を蛍光体によって変換し少なくとも蛍光体からの光を外部に取り出す発光装置に関し、特に熱衝撃が加えられた場合においてもワイヤ切れの少ない信頼性の高い発光装置を提供することにある。

【解決手段】 基板の凹部底面に配置された発光素子と、発光素子の電極と凹部の外に設けられたリード電極をワイヤボンディングしたワイヤと、凹部に充填され発光素子からの発光波長を変換する色変換部材と、色変換部材及び色変換部材から露出したワイヤを被覆するモールド部材とを有する発光装置である。特に、色変換部材とモールド部材との界面は発光素子の電極とボールボンディングされてできるボール部に接している発光装置である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板の凹部底面に配置された発光素子と、該発光素子の電極と凹部の外に設けられたリード電極をワイヤボンディングしたワイヤと、前記凹部に充填され発光素子からの発光波長を変換する色変換部材と、該色変換部材及び色変換部材から露出したワイヤを被覆するモールド部材とを有する発光装置であって、前記色変換部材とモールド部材との界面は発光素子の電極とボールボンディングされてできるボール部に接していることを特徴とする発光装置。

【請求項2】 マウント・リードのカップ上に配置された発光素子と、該発光素子の電極とインナー・リードを電気的に接続するワイヤと、前記カップ内に充填された色変換部材と、前記マウント・リード及びインナー・リードの先端をモールド部材で被覆した発光装置であって、

少なくとも発光素子上に形成された色変換部材は発光素子の電極上にワイヤボンディングされたボール部の上端よりも低く充填されていることを特徴とする発光装置。

【請求項3】 前記色変換部材は硬化された樹脂中に蛍光体が含有されたものであると共に、該樹脂の主成分がモールド部材を構成する樹脂の主成分とほぼ同じである請求項1或いは請求項2に記載の発光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】 本発明は発光素子から放出された発光波長を蛍光体によって変換し少なくとも蛍光体からの光を外部に取出す発光装置に関し、特に熱衝撃が加えられた場合においてもワイヤ切れの少ない信頼性の高い発光装置に関する。

【0002】

【従来技術】 近年、半導体発光素子の発光色を増やすなどの目的で、半導体発光素子からの発光波長を蛍光物質により波長変換して発光する発光ダイオードなどが開発されてきている。このような発光ダイオードの具体的構成として、マウント・リードのカップ上に紫外線、可視光や赤外線が発光可能なLEDチップを樹脂によってマウントさせてある。LEDチップにはマウント・リード及びインナー・リードと金線などによりワイヤボンダなどされ導通が取られる。このLEDチップ上から蛍光体含有の樹脂を塗布する。その後、蛍光体が塗布されたLEDチップ、マウントリード及びインナー・リードの先端をモールド樹脂で被覆することにより発光ダイオードを形成することができる。

【0003】 発光ダイオードに電流を供給するとLEDチップが発光する。LEDチップからの発光波長が蛍光体に吸収され、蛍光体によって所望波長に変換されて発光する。具体的には、発光層に窒化物半導体を用いたLEDチップからの青色光によって励起されたセリウム付活のイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体

は、青色光をより長波長の黄色光に変換して発光する。蛍光体の含有量を調節することなどによりLEDチップからの青色光及び蛍光体からの黄色光により発光ダイオードからは混色光が放出され白色発光が可能となる。

【0004】 このような発光ダイオードなどは、半導体発光素子の優れた特性を利用して種々の分野に利用され始めている。具体的には、野外での使用を始め、様々な車載用など多岐にわたっている。このような利用分野の広がりに伴い極めて厳しい使用環境下での駆動が要求される。しかしながら、発光素子を色変換部材及びモールド部材で被覆した発光装置は、色変換部材がない発光ダイオードなどと比較して熱衝撃などに弱い傾向にある。そのため、上記構成の発光装置では十分ではなく、更なる改良が求められている。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明は基板の凹部底面に配置された発光素子と、発光素子の電極と凹部の外に設けられたリード電極をワイヤボンディングしたワイヤと、凹部に充填され発光素子からの発光波長を変換する色変換部材と、色変換部材及び色変換部材から露出したワイヤを被覆するモールド部材とを有する発光装置である。特に、本発明において色変換部材とモールド部材との界面は発光素子の電極とボールボンディングされてできるボール部に接している発光装置である。これにより発光素子から発光波長を変換させた色変換部材から均一光を放出しつつ、ワイヤ切れがない信頼性の高い発光装置とすることができる。

【0006】 本発明の請求項2に記載の発光装置は、マウント・リードのカップ上に配置された発光素子と、発光素子の電極とインナー・リードを電気的に接続するワイヤと、前記カップ内に充填された色変換部材と、マウント・リード及びインナー・リードの先端をモールド部材で被覆したものである。特に、色変換部材は主として発光素子の電極上にワイヤボンディングされたボール部の上端よりも低く充填されている発光装置である。これによって種々の環境下でも比較的簡単に利用可能な発光装置とすることができる。

【0007】 本発明の請求項3に記載の発光装置は、色変換部材が硬化された樹脂中に蛍光体が含有されたものであると共に、樹脂の主成分がモールド部材を構成する樹脂の主成分とほぼ同じである。これにより、発光素子からの発光波長が比較的短波長の可視光などであっても樹脂劣化による発光効率の低下を抑制することができる。また、ワイヤにかかる力をより低減させることができる。

【0008】

【発明の実施の形態】 本発明者は種々の実験の結果、色変換部材及びモールド部材を発光素子上のワイヤボンディングを考慮した特定の形状とすることにより、熱衝撃に強い発光装置とできることを見出し本発明を成すに至

った。

【0009】即ち、熱衝撃により不灯となった発光装置を詳細に調べたところ、色変換部材とモールド部材の界面やボールボンディング時に形成されたボール部とワイヤとの界面において発光素子に電流を供給するワイヤが断線していた。このような断線はモールド部材や色変換部材を構成する樹脂などを同一組成のものとしても起こる。このワイヤ断線の原因は定かではないが、色変換部材の形成時に色変換部材の表面が酸化されることにより、熱衝撃時に色変換部材とモールド部材との界面でワイヤに応力がかかる、或いはモールド部材及び色変換部材を構成する樹脂などの主材が同じであっても色変換部材は蛍光体が含有されることによって実質的に熱膨張や熱収縮率が異なり、その界面に力が掛かる。このような力により樹脂界面やボール部の形成によって脆くなったボール部とワイヤとの接続部分が断線するなどと考えられる。

【0010】このような、ワイヤの断線はワイヤ径を太くし強度を高めることによりある程度防止することができると考えられるものの以下の理由により一定径以上ワイヤを太くすることができない。1. ワイヤを太くすると密着強度を向上させるためにボールボンディング用のボールも大きくならざるを得ない。ワイヤ先端のボールを精度良く発光素子の電極上にボールボンディングさせることが難しい。そのため、ワイヤの先端に形成されたボールがボールボンディング用の発光素子の電極からはみ出す場合がある。はみ出したボールはその電極が設けられた半導体層と逆極性の半導体層に接触すると短絡を生ずる。2. これを防止するために電極以外を保護膜で被覆することができる。しかしながら保護膜上にボールボンディングさせた場合は、ボールボンディングの密着性が低下するという問題がある。3. また、大きくなったボールを密着性よくボールボンディングするため、ボールボンディングされる電極の面積を大きくすると、発光素子の発光取り出し面積が小さくならざるを得ない。4. 更に、ワイヤは電気伝導性をよくするなどの観点から貴金属が用いられる場合がある。この場合、コストの面からも使用量を少なくするためワイヤ径が細いことが望まれる。

【0011】したがって、本発明は上述の問題がなくワイヤ自体の径を太くすることなく発光素子上に配置されるボールボンディングされたワイヤを利用した比較的簡単な構成でワイヤ切れを防止しうる発光装置である。

【0012】具体的には、発光素子に第1のボンディングとしてボールボンディングを行う。発光素子の電極にボールボンディングするためには、キャピラリに通したワイヤの先端を放電や水素ガス炎などによりボールを形成する。形成されたボールを発光素子の電極上に押しつけたままで超音波、或いは超音波エネルギーと共に熱エネルギーを加え融着させる。他方、キャピラリからワイヤを

延ばしつつ、移動させ第2のボンディングさせるリード電極上にキャピラリごと押しつけ超音波融着させる。

【0013】発光素子上の第1のボンディング（ボールボンディング）は、予め形成されたボールが押しつぶされ半球状の金属片（以下、ボール部ともいう）からワイヤが延びることとなる。ワイヤ径に対して、電極と接するボール部となる金属片は2倍から4倍程度の大きさとする事ができる。金属片の大きさは、放電量や放電時間を制御することによりある程度制御することができる。そのため、形成された金属片はワイヤ径に対して極めて強い強度を持つ。

【0014】本発明はボールボンディングされたワイヤのボール部に色変換部材とモールド部材との界面を形成させる。これにより、色変換部材とモールド部材との界面で応力がかかったとしてもワイヤ径に較べたいボール部分が切断されることは実質的にないものである。これにより、色変換部材の厚みをワイヤ径よりも太いボール径に留めておくのみの比較的簡単な構成で極めて熱衝撃に強い発光ダイオードとすることができる。

【0015】以下、本発明の一実施形態としてチップタイプLEDを図2を用いて詳述する。シリコンカーバイド上にバッファ層を介して窒化物半導体が形成されたLEDチップを青色が発光可能な発光素子205として利用する。基板209に設けられたキャビティは2段階の階段状に形成されており、底面と底面を有する凹部の外に設けられた1段目の表面にそれぞれリード電極206、207が形成されている。発光素子205はキャビティ底面に外部と電気的導通が可能な第1のリード電極206上にAgペースト208を用いてダイボンディングさせる。これによりLEDチップ205の一方の電極と第1のリード電極206とは電気的に接続される。

【0016】また、階段状になった1段目の表面に一部が露出し、外部と電気的に接続可能な第2のリード電極207が形成されている。LEDチップ205の他方の電極と第2のリード電極207とを電気的に接続させるために金属ワイヤ204として金線を用いる。金線の先端には放電により予めボールが形成されたものをキャピラリごとLEDチップ205の電極に押しつけ超音波融着させた後、金線を延ばし第2のリード電極207上にステッチボンディングしてある。LEDチップ205の電極上にはボールボンディングされたことにより半球状の金属片（ボール部201）からワイヤ204が延びることとなる。

【0017】次に、LEDチップ205上には色変換部材202としてセリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット蛍光体（ $Y_3Al_5O_{12}:Ce$ ）を含有させたシリコン樹脂を塗布させてある。色変換部材202はキャビティ内に配置されたLEDチップ全体を覆っているものの、色変換部材202表面はLEDチップ205の電極上に形成されたボール部201の高さ

までしか実質的に配置されていない。色変換部材を加熱硬化させた。断面が略階段状のキャビティ内に透明なモールド部材203としてエポキシ樹脂を流し込み硬化させることにより本発明の発光装置200とすることができる。

【0018】形成されたチップタイプLEDにおいて、LEDチップ205が配置された第1のリード電極206及びワイヤ204と接続された第2のリード電極207に電流を流すとLEDチップ205が青色に発光すると共にLEDチップ205から放出された光はその一部が蛍光体により変換され黄色光が放出される。LEDチップ205及び色変換部材202の混色光が放出されチップタイプLED200からは電球色(黄色)が放出観測される。また、熱衝撃を加えてもワイヤ204が断線することなく発光することができる。以下、本発明の各構成について詳述する。

【0019】(ボール部101、201)本発明のボール部101とは、発光素子105とワイヤ104との密着性を向上させ得るものであり、色変換部材102及びモールド部材103との界面が形成されるものである。具体的には、ボールボンディング時に形成される半球状の金属片をいう。ワイヤボンディング機器での接続では、発光素子105の電極上を第1のボンド(ボールボンディング)とし、色変換部材102の外周で形成されるインナー・リード107などとの接続部を第2のボンド(ステッチボンディング)とすることができる。具体的には、キャピラリーを通してはみ出した金線に放電を照射してボールを形成する。形成されたボールを発光素子の電極上に押しつけると共に超音波、超音波及び熱を加える。これにより、電極上にボールが押しつぶされ融着される。

【0020】融着されたボール部101は、半球状の金属片となりワイヤ104の径に対して電極と接するボール部101となる金属片は2倍から4倍程度の大きさとする事もできる。本発明において発光素子105の電極上に形成された金属片は色変換部材102とモールド部材103との主な界面が形成されるものであり、熱収縮や熱膨張などにより力が掛かりやすいものであるから色変換部材102とモールド部材103を考慮してボール部101上での界面位置やボール部101の大きさを種々選択することができる。

【0021】何れにしても本発明は、色変換部材102とモールド部材103の界面のずれなどに対してワイヤ104よりも強いボール部101(ワイヤ径よりも太いボール部)を利用して発光素子105の導通を確保するものであるから発光素子105への影響を少なくする範囲で種々選択することができる。色変換部材102とモールド部材104との熱収縮や熱膨張率等の違いなどが大きければ発光素子105の電極に近くボール部101の径が大きい部位に色変換部材102とモールド部材1

03との界面を形成する、或いはボール部101自体を大きくすることで断線を防ぐことができる。なお、本発明においてボール部の上端とは、ボール部からワイヤが延びるワイヤとの界面をいう。

【0022】(色変換部材102)本発明に用いられる色変換部材としては、発光素子からの発光波長をより長波長側に変換可能な蛍光物質を有するものであり、無機や有機の蛍光物質が含有された種々の樹脂やガラス、有機蛍光体そのものなどが挙げられる。発光素子から放出された可視発光波長と蛍光物質からの蛍光を共に外部に放出させる場合は、発光装置の外部に発光素子からの可視発光波長と蛍光物質からの蛍光とがモールド部材などを透過する必要がある。なお、本発明においては色変換部材とは可視光から可視光に変換させるもののみならず、紫外域の波長を可視光に変換させたものをも含む。

【0023】このような色変換部材に利用される蛍光物質として具体的には、単色性ピーク波長を持った窒化物半導体などのLEDチップからの青色光など比較的高エネルギーの可視光によって発光可能な蛍光物質として、セリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体(Y、Lu、Sc、La、Gd及びSmからなる群から選ばれた少なくとも1つの元素と、Al、Ga、及びInからなる群から選ばれた少なくとも1つの元素とを含んでなるセリウムで付活されたガーネット系蛍光体)、ベリレン系誘導体や銅で付活された硫化亜鉛などが挙げられる。一方、蛍光物質からの可視域光のみを外部に放出させるためには、発光素子から放出され蛍光物質を励起する励起波長を紫外域にする。或いは、発光素子が放出した発光波長を実質的に全て蛍光物質で波長変換させる。さらには、蛍光物質で変換されなかった発光素子からの光をピグメントなどにより吸収させることで蛍光物質からの可視域光のみ外部に放出させることができる。

【0024】LEDチップから放出される発光波長が紫外域の発光波長である場合、種々の蛍光物質を利用することができる。具体的には、紫外域の励起波長により赤色が発光可能な蛍光物質として $3.5\text{MgO} \cdot 0.5\text{MgF}_2 \cdot \text{GeO}_2 : \text{Mn}$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3\text{S} : \text{Eu}$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3 : \text{Eu}$ 、 $\text{CaTiO}_3 : \text{Pr}$ 、 $\text{Y(PV)}\text{O}_4 : \text{Eu}$ 、 $\text{YVO}_4 : \text{Eu}$ などが好適に挙げられる。同様に緑色が発光可能な蛍光物質として $\text{ZnSiO}_4 : \text{Mn}$ 、 $\text{Zn}_2\text{SiO}_4 : \text{Mn}$ 、 $\text{LaPO}_4 : \text{Tb}$ 、 $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu}$ などが好適に挙げられる。同様に青色が発光可能な蛍光物質として $\text{Sr}_2\text{P}_2\text{O}_7 : \text{Eu}$ 、 $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl} : \text{Eu}$ 、 $(\text{SrCaBa})_3(\text{PO}_4)_6\text{Cl} : \text{Eu}$ 、 $\text{BaMg}_2\text{Al}_5\text{O}_{27} : \text{Eu}$ 、 $\text{SrO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{B}_2\text{O}_5 : \text{Eu}$ 、 $(\text{BaCa})_5(\text{PO}_4)_9\text{Cl} : \text{Eu}$ などが好適に挙げられる。白色が発光可能な蛍光物質として $\text{YVO}_4 : \text{Dy}$ などが好適に挙げられる。また、これら複数の蛍光物質の混合比率を調節させつつ、含有させること

により発光装置からの放出されるRGB（赤色、緑色、青色）波長成分を増やすことや混色光を含め任意の発光色を発光させることもできる。

【0025】色交換部材102が蛍光体を含有する透光性部材から構成される場合、透光性部材の具体的材料としては、エポキシ樹脂、ユリア樹脂、シリコン樹脂、シリコン樹脂などの耐候性に優れた透光性樹脂や酸化珪素などの透光性無機部材が好適に用いられる。ガラスなどの無機部材を用いた場合は発光素子の劣化を考慮して低温で形成できるものが好ましい。また、本発明の蛍光物質と共に着色顔料、着色染料や拡散剤を含有させても良い。着色顔料や着色染料を用いることによって発光装置から放出される光の色味を調節させることもできる。また、拡散剤を含有させることによって、より指向角を増すこともできる。具体的な拡散剤としては、無機系である酸化チタン、酸化アルミニウム、酸化珪素等や有機系であるグアナミン樹脂などが好適に用いられる。

【0026】なお、色交換部材を構成する樹脂が未硬化では蛍光体が流動し発光色のバラツキなどが生ずる恐れがある。同様に、色交換部材を構成する樹脂が未硬化では、発光素子自体からの熱や発光素子から放出される短波長の波長によって劣化しやすい傾向にある。このような樹脂劣化は発光素子からの発光波長や蛍光体からの発光が樹脂によって吸収などされるため発光効率が低下する場合がある。そのため、色交換部材を構成する樹脂は（実質的に完全）硬化させておくことが望ましい。

【0027】（モールド部材103）モールド部材103は、色交換部材102、ワイヤ104、発光素子105などを外部から保護するために設けられる。また、蛍光物質によって発光素子105から放出される光の視野角を増やすことができるが、モールド部材103に拡散剤を含有させることによって発光素子105からの指向性を緩和させ視野角をさらに増やすことができる。

【0028】また、モールド部材103中にも着色顔料や着色染料を含有させることもできる。モールド部材と色交換部材の主材を同一のものを用いることによりワイヤに掛かる力を低減することができるが、蛍光体が含有された樹脂と拡散材や着色剤が含有されたモールド部材を選択することで互いの熱膨張率差等をより小さくさせることもできる。

【0029】モールド部材103を所望の形状にすることにより、発光素子105からの発光を集束させたり拡散させたりするレンズ効果を持たせることができる。したがって、モールド部材103は複数積層した構造でもよい。具体的には、凸レンズ形状、凹レンズ形状さらには、発光観測面側から見て楕円形状やそれらを複数組み合わせたものが挙げられる。モールド部材103の具体的材料としては、主としてエポキシ樹脂、ユリア樹脂、シリコン樹脂などの耐候性に優れた透明樹脂や低融点ガラスなどが好適に用いられる。ワイヤへの応力を考慮し

た場合、収縮や膨張などが少ないものが望ましい。更に、色交換部材を構成する主材とモールド部材とが主として同じ部材から構成されていることが望ましい。また、拡散剤としては、無機系である酸化チタン、酸化アルミニウム、酸化珪素等や有機系のグアナミン樹脂などが好適に用いられる。

【0030】（ワイヤ104）電気的接続部材であるワイヤ104としては、発光素子105の電極及びリード電極などとのオーミック性、機械的接続性、電気伝導性及び熱伝導性がよいものが求められる。熱伝導度としては $0.01 \text{ cal/cm}^2/\text{cm}^\circ\text{C}$ 以上が好ましく、より好ましくは $0.5 \text{ cal/cm}^2/\text{cm}^\circ\text{C}$ 以上である。また、発光装置100の効率、作業性、コストなどを考慮してワイヤの直径は、好ましくは、 $\Phi 10 \mu\text{m}$ 以上、 $\Phi 45 \mu\text{m}$ 以下である。より好ましくは、 $\Phi 25 \mu\text{m}$ 以上、 $\Phi 35 \mu\text{m}$ 以下である。このようなワイヤ104として具体的には、金、銅、白金、アルミニウム等の金属及びそれらの合金を用いたワイヤが挙げられる。ワイヤ104は、発光素子105の電極と、インナー・リードなどのリード電極とをワイヤボンディング機器によって容易に接続させることができる。

【0031】（発光素子105）本発明に用いられる半導体発光素子とは、蛍光物質を励起し発光させることができるものであれば、シリコンカーバイド、窒化ホウ素、インジウム・リンなど種々の半導体を利用したLEDやLDなどを用いることができる。特に、蛍光物質を効率良く励起できる紫外域や近紫外域さらには、比較的高エネルギーの可視光が効率よく発光可能な半導体発光素子として窒化物半導体を用いたものが好適に挙げられる。

【0032】発光素子105は、MOCVD法やHVP E法等により基板上に半導体を形成させることにより構成することができる。半導体の構造としては、MIS接合、PIN接合やpn接合などを有するホモ構造、ヘテロ構造あるいはダブルヘテロ構成のものが挙げられる。半導体層の材料やその混晶度によって発光波長を種々選択することができる。また、半導体活性層を量子効果が生ずる薄膜に形成させた単一量子井戸構造や多重量子井戸構造とすることもできる。

【0033】 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ （ただし、 $0 \leq x$ 、 $0 \leq y$ 、 $x+y \leq 1$ ）を発光層として形成させた窒化物半導体としては、比較的高いエネルギーを高輝度に発光させることができるため、蛍光体を励起させる発光素子として好適に利用することができる。以下、窒化物半導体素子について詳述する。窒化物半導体を用いた発光素子用の基板にはサファイアC面の他、R面、A面を主面とするサファイア、その他、スピネル（ MgAl_2O_4 ）のような絶縁性の基板の他、 SiC （6H、4H、3Cを含む）、 Si 、 ZnO 、 GaAs 、 GaN 結晶等の材料を用いることができる。結晶性の良い窒化物

半導体を比較的簡単に形成させるためにはサファイヤ基板(C面)やGa₂N単結晶を用いることが好ましい。

【0034】サファイヤ基板上に結晶性の良い窒化物半導体を形成させるためには、格子不整合を是正するためにバッファ層を形成することが望ましい。バッファ層上には、n型コンタクト層兼クラッド層として窒化ガリウム、p型クラッド層として窒化アルミニウム・ガリウム、p型コンタクト層として窒化ガリウムが積層することができる。n型コンタクト層兼クラッド層とp型クラッド層との間には活性層として窒化インジウム・ガリウムを単一量子井戸構造とされる膜厚で形成することができる。

【0035】なお、窒化ガリウム系半導体は、不純物をドーブしない状態でn型導電性を示す。発光効率を向上させるなど所望のn型窒化ガリウム半導体を形成させる場合は、n型ドーパントとしてSi、Ge、Sn、Se、Te等を適宜導入することが好ましい。一方、p型窒化ガリウム半導体を形成させる場合は、p型ドーパントであるZn、Mg、Be、Ca、Sr、Ba等をドーブさせる。窒化ガリウム系化合物半導体は、p型ドーパントをドーブしただけではp型化しにくい。ためp型ドーパント導入後に、炉による加熱、低速電子線照射やプラズマ照射等によりアニールすることでp型化させることが好ましい。

【0036】こうして形成された発光素子は、絶縁性基板を用いている。そのため、絶縁性基板の一部を除去する、或いは半導体表面側からp型半導体及びn型半導体の露出面をエッチングなどすることによりp型及びn型用の電極面をそれぞれ形成させる。各半導体層上にスパッタリング法や真空蒸着法などによりAu、Alやそれら合金を用いて所望の形状の電極を形成させる。発光面側に設ける電極は、全被覆せずに発光領域を取り囲むようにパターニングするか、或いは金属薄膜や金属酸化物などの透明電極を用いることができる。なお、p型Ga₂Nと好ましいオーミックが得られる電極材料としては、Ni、Pt、Pd、Au等の金属やこれら合金が好適に挙げることができる。n型Ga₂Nと好ましいオーミックが得られる電極材料としてはAl、Ti、W、Cu、Zn、Sn、In等の金属若しくは合金等が好適に挙げることができる。このように形成された発光素子をそのまま利用することもできるし、個々に分割してLEDチップの如き構成とし使用してもよい。

【0037】LEDチップとして利用する場合は、形成された半導体ウエハをダイヤモンド製の刃先を有するブレードが回転するダイシングソーにより直接フルカットするか、又は刃先幅よりも広い幅の溝を切り込んだ後(ハーフカット)、外力によって半導体ウエハを割る。あるいは、先端のダイヤモンド針が往復直線運動するスクライバーにより半導体ウエハに極めて細いスクライブライン(経線)を例えば基盤目状に引いた後、外力によ

って半導体ウエハを割り半導体ウエハからチップ状にカットする。このようにして窒化物半導体であるLEDチップなどの発光素子を形成させることができる。なお、絶縁性基板上に形成された半導体は、p型及びn型の窒化物半導体を同一平面側から取り出さざるを得ないためワイヤのボールボンディングにより短絡しやすくなる。そのため本発明の構成が特に有効となる。

【0038】本発明の発光装置100において発光物質からの可視光を発光させる場合は、発光素子105の主発光波長は効率を考慮して365nm以上530nm以下が好ましく、365nm以上490nm以下が好ましい。発光物質からの光のみを発光させる場合は、主として紫外域である365nm以上400nm未満がより好ましい。また、発光素子105に用いられる樹脂部材の劣化、白色系など発光物質との補色関係等を考慮する場合は、可視域である400nm以上530nm以下が好ましく、420nm以上490nm以下がより好ましい。可視光を利用して発光素子105と発光物質との効率をそれぞれより向上させるためには、430nm以上475nm以下がさらに好ましい。

【0039】(マウント・リード106)マウント・リード106は発光素子105を配置させるものであり、ダイボンド機器などで発光素子105を積載するのに十分な大きさがあれば良い。また、発光素子105を複数設置しマウント・リード106を発光素子105の共通電極として利用する場合においては、十分な電気伝導性とワイヤ104等との接続性が求められる。

【0040】発光素子105とマウント・リード106のカップとの接着は熱硬化性樹脂などによって行うことができる。具体的には、エポキシ樹脂や水ガラスなどが挙げられる。マウント・リード106の具体的な電気抵抗としては $300\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 以下が好ましく、より好ましくは、 $3\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 以下である。マウント・リード106上に複数の発光素子105を積載する場合は、発光素子105からの発熱量が多くなるため熱伝導度がよいことが求められる。具体的には、 $0.01\text{cal}/\text{cm}^2/\text{cm}/^\circ\text{C}$ 以上が好ましくより好ましくは $0.5\text{cal}/\text{cm}^2/\text{cm}/^\circ\text{C}$ 以上である。これらの条件を満たす材料としては、鉄、銅、鉄入り銅、錫入り銅、金、銀をメッキしたアルミニウム、銅や鉄等が挙げられる。

【0041】(インナー・リード107)インナー・リード107としては、マウント・リード106上に配置された発光素子105と接続されたワイヤ104との電気的接続を図るものである。インナー・リード107は、ワイヤ104であるボンディングワイヤ等との接続性及び電気伝導性が良いことが求められる。具体的な電気抵抗としては、 $300\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 以下が好ましく、より好ましくは $3\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 以下である。これらの条件を満たす材料としては、鉄、銅、鉄入り銅、錫入り銅及び銅、金、銀をメッキしたアルミニウム、鉄、銅等が挙げ

られる。

【0042】以下、本発明の具体的実施例について詳述する。

【0043】

【実施例】（実施例1）発光素子としてサファイア基板上に窒化物半導体が形成されたLEDチップを利用した（主発光ピークが470nm）。LEDチップはMOCVD法を用いて形成させた。加熱基板上に洗浄されたサファイア基板を配置し原料ガスとしてトリメチルガリウム（TMG）、トリメチルインジウム（TMI）、トリメチルアルミニウム（TMA）及び窒素ガス、キャリアガスとして水素ガス、p型不純物ガスとしてシクロペンタジエニルマグネシウム（ Cp_2Mg ）、n型不純物ガスとしてシラン（ SiH_4 ）を種々供給することにより窒化物半導体膜を形成することができる。

【0044】サファイア基板上には、バッファ層として窒化ガリウム、n型コンタクト層兼クラッド層として窒化ガリウム、p型クラッド層として窒化アルミニウムガリウム、p型コンタクト層として窒化ガリウムを積層させてある。n型コンタクト層とp型クラッド層との間には量子井戸構造とされる厚さ3nmの窒化インジウム・ガリウムからなる発光層が形成されている。（なお、p型半導体は成膜後400℃以上でアニールしてある。）n型及びp型の電極を形成させるためにn型コンタクト層までを部分的にエッチングさせ、p型コンタクト層及びn型コンタクト層表面を同一面側に露出させる。また、各LEDチップごとの大きさに分離できるよう各半導体層をサファイア基板までエッチングしてある。

【0045】p型コンタクト層上のほぼ全面には、電流を均一に流すために透明電極として金薄膜をスパッタリング法により形成させてある。金薄膜上には一片が120 μm 角の金及びニッケルをワイヤボンディング用の電極として厚膜に形成させてある。他方、n型コンタクト層がエッチングにより露出された表面にはスパッタリング法によりアルミニウムを形成しワイヤボンディング用のパッド電極として形成させてある。LEDチップ上の全面には、保護膜としてボールボンディングされる電極表面を除いて酸化珪素を形成させてある。こうして形成された半導体ウエハを予めエッチングされた溝に沿ってダイサーを用いて切断し一片が350 μm のLEDチップを形成させる。

【0046】次に、銅入り鉄の平板を押圧加工及び打ち抜きによりタイバで接続されたマウント・リード及びインナー・リードを形成させる。マウント・リード及びインナー・リードに銀メッキを施した後、ダイボンド機器を用いて上述のLEDチップをエポキシ樹脂を用いてマウント・リードのカップ内にマウントさせる。エポキシ樹脂を硬化後、直径30 μm の金線を用いてLEDチップの電極とボールボンディングする。第1のボンディングとしてLEDチップ上にボールボンディングされた金

線はインナー・リード或いはマウント・リードのカップ外部に第2のボンディングとしてステッチボンディングされる。

【0047】LEDチップの各電極上にボールボンディングさせた後、マウント・リードのカップ内に色変換部材用原料をノズルの先端から注入させる。色変換部材用原料としては脂環式エポキシ樹脂である3、4エポキシシクロメチルカルボキレート及び酸無水物であるメチルヘキサヒドロ無水フタル酸からなるエポキシ樹脂組成物100重量部にセリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体80重量部を含有させたものをよく混合して用いてある。

【0048】セリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体として（ $Y_{0.9}Ga_{0.2}$ ） $_3Al_5O_{12} : Ce$ を用いた。蛍光体は以下のようにして形成される。Y、Gd、Ceの希土類元素を化学量論比で酸に溶解した溶解液を硝酸で共沈させた。これを焼成して得られる共沈酸化物と酸化アルミニウム、酸化ガリウムと混合して混合原料を得る。これにフラックスとしてフッ化アンモニウムを混合して坩堝に詰め、空气中1400℃の温度で3時間焼成して焼成品を得た。焼成品を水中でボールミルして、洗浄、分離、乾燥、最後に篩を通して形成させた。

【0049】マウント・リードのカップ内に4分の3程度に色変換部材用原料を注入し120℃3時間で硬化させた。硬化後の色変換部材は、硬化に伴い半球状のボール部の上部分までは覆わない厚みとして形成させている。なお、表面張力により部分的にワイヤまで薄い色変換部材の膜が形成されていたが、モールド部材の主部と色変換部材の主部との実質的な界面はLEDチップ上に形成されたボール部よりも下である。色変換部材が形成されたリード電極先端を内部が砲弾型の空洞となったキャスティングケースに配置させ色変換部材を構成するエポキシ樹脂とほぼ同様の主成分からなるエポキシ樹脂組成物を注入させた。エポキシ樹脂組成物を150℃3時間で硬化させキャスティングケースから取り出した後、タイバを切断することで発光ダイオードを形成させた。

【0050】こうして形成された白色径が発光可能な発光ダイオードを1200個用いて熱衝撃試験を行った。熱衝撃試験は-40℃、30分と100℃、30分を1000サイクルまで繰り返し発光ダイオードの特性を調べた。100サイクルごとに発光可能かどうかを全て調べたが不灯となった発光ダイオードは全くなかった。

【0051】（比較例1）カップ内に充填される色変換部材用原料を構成するエポキシ樹脂組成物量を多くした以外は実施例1と同様にして1200個の白色発光ダイオードを形成させた。色変換部材を硬化させた段階でマウントリードのカップ内ほぼ一杯に色変換部材が充填されており、発光観測面側から観測すると色変換部材中からワイヤが延びているように見える。モールド部材を形

成させた発光ダイオードを実施例1と同様の条件で熱衝撃試験を行ったところ、100サイクルから不灯となるものが始め1000サイクルを行うと216個も断線するものがあった。不灯となった発光ダイオードを調べたところ図3(A)の如くボール部よりも上の色変換部材とモールド部材の界面やボール部直上でワイヤが断線していることが確認された。これにより本発明の発光装置が熱衝撃に極めて強いことが分かった。

【0052】

【発明の効果】本発明は発光素子からの発光波長を色変換部材で波長変換させる発光装置において生ずるワイヤの断線を比較的簡単な構成で防止しうるものである。即ち、色変換部材やモールド部材により生ずる力をワイヤ径ではなく、ワイヤよりも太いボールボンディングされたボール部径により受けることでワイヤの断線を防止しうるものである。

【0053】本発明の請求項2に記載の構成とすることにより、比較的簡単な構成の発光装置において野外にでも使用可能な発光装置とすることができる。

【0054】本発明の請求項3に記載の構成とすることにより、色変換部材を構成する樹脂の劣化を抑制し、発光効率の低下を防止しうる。また、蛍光体の分散状態を硬化時のまま保持することができ使用によって色ずれが生ずることがない。さらに、同じ主材を利用することで、ワイヤにかかる力を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の発光装置を示す模式的断面図である。

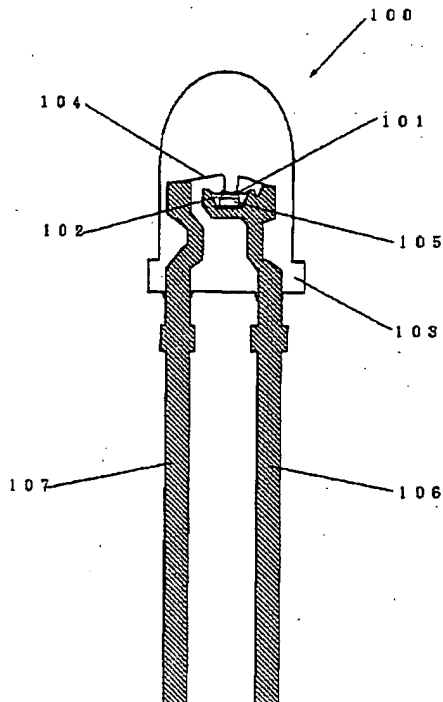
【図2】本発明の別の発光装置を示す模式的断面図である。

【図3】本発明の作用を示す模式的拡大図であり、図3(A)は本発明と比較のために示す発光装置のワイヤが断線する様子を示した模式的断面図であり、図3(B)は本発明での色変換部材及びモールド部材が受ける力を示す模式的断面図を示す。

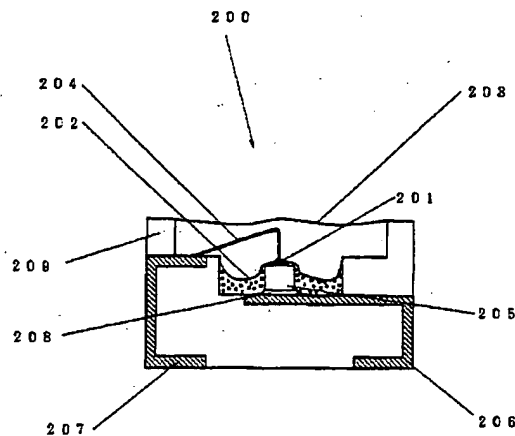
【符号の説明】

- 100、200・・・発光装置
- 101、201、301・・・ボール部
- 102、202、302・・・色変換部材
- 103、203、303・・・モールド部材
- 104、204、304・・・ワイヤ
- 105、205、305・・・発光素子
- 106・・・マウント・リード
- 107・・・インナー・リード
- 206・・・第1のリード電極
- 207・・・第2のリード電極
- 208・・・ダイボンド樹脂
- 209・・・凹部を有する基板となるパッケージ
- 308・・・エポキシ樹脂
- 314・・・色変換部材とモールド部材の界面で断線したワイヤ
- 324・・・ボール部の直上で断線したワイヤ

【図1】



【図2】



【図3】

